

**KARAKTERISASI MATERIAL BESI COR KELABU
AKIBAT PENGARUH FeSi 4% + FeMn 4%
PADA PROSES *CASTING*
DENGAN CETAKAN LOGAM DAN PASIR**



**Disusun Sebagai Salah Satu Syarat Menyelesaikan Program Studi
Strata I Pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik**

Oleh:

NOVFIAN REKZY WICAKSENA

D 200 160 073

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA
2021**

HALAMAN PERSETUJUAN

**KARAKTERISASI MATERIAL BESI COR KELABU
AKIBAT PENGARUH FeSi 4% + FeMn 4%
PADA PROSES *CASTING*
DENGAN CETAKAN LOGAM DAN PASIR**

PUBLIKASI ILMIAH

Oleh:

NOVFIAN REKZY WICAKEANA

D 200 160 073

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji oleh:

Dosen

Pembimbing

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Agus Yulianto', is written over a diagonal line that extends from the bottom left towards the top right.

Agus Yulianto S.T.,M.T.

NIK.0622017101

HALAMAN PENGESAHAN

**KARAKTERISASI MATERIAL BESI COR KELABU
AKIBAT PENGARUH FeSi 4% + FeMn 4%
PADA PROSES *CASTING*
DENGAN CETAKAN LOGAM DAN PASIR**

OLEH

NOVFIAN REKZY WICAKSENA

D 200 160 073

**Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji
Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Surakarta
Pada hari Sabtu, 29 Mei 2021
Dan dinyatakan telah memenuhi syarat**

Dewan Penguji:

- 1. Agus Yulianto S.T.,M.T.
(Ketua Dewan Penguji)**
- 2. Bambang Waluyo F S.T.,M.T.
(Anggota I Dewan Penguji)**
- 3. Agung Setyo Darmawan.,S.T,M.T.
(Anggota II Dewan Penguji)**

(.....)

(.....)

(.....)

Dekan Fakultas Teknik



Rois Fatoni, S.T., M.Sc., Ph.D.

NIK/NIDN: 0603027401

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam publikasi ilmiah ini, tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kelak terbukti ada ketidakbenaran dalam pernyataan saya diatas, maka akan saya pertanggung jawabkan sepenuhnya.

Surakarta, 21 Juni 2021

Penulis



NOVFIAN REKZY WICAKSENA

D200160073

KARAKTERISASI MATERIAL BESI COR KELABU
AKIBAT PENGARUH FeSi 4% + FeMn 4%
PADA PROSES CASTING
DENGAN CETAKAN LOGAM DAN PASIR

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui Karakterisasi Material Besi Cor Kelabu Akibat Pengaruh FeSi 4% + Fe Mn 4% Pada Proses Casting Dengan Cetakan Logam dan Pasir. Pembuatan material menggunakan besi cor kelabu dengan variasi unsur FeSi 4% + FeMn 4%. Proses pembuatan dengan menggunakan metode sand casting dengan menggunakan cetakan logam dan cetakan pasir. Kemudian material hasil pengecoran dipotong lalu di uji menggunakan metode pengujian kekerasan, struktur mikro dan SEM EDS. Hasil dari pengujian ini kekerasan tertinggi terletak pada cetakan logam bagian bawah yang memiliki kekerasan rata-rata 259 BHN dan kekeran terendah terletak pada cetakan pasir bagian atas yaitu memiliki kekerasan rata-rata 184 BHN. Pada pengujian struktur mikro diperoleh hasil berupa fasa ferit serta perlit, dan didominasi oleh fasa perlit serta didapat grafit yang halus dan memanjang. Pada pengujian SEM pada pembesaran 2000x terlihat bahwa kerapatan pada cetakan logam lebih halus dibandingkan cetakan pasir.

Kata kunci : besi cor, silicon, mangan, *sand casting*, struktur mikro.

Abstract

This study aims to determine the characterization of gray cast iron material due to the effect of FeSi 4% + FeMn 4% on the casting process with iron mold and sand mold. The material was made using gray cast iron with a variation of the element FeSi 4% + FeMn 4%. The manufacturing process uses the sand casting method using metal molds and sand molds. Then the material from the casting is cut and then tested using the hardness testing method, microstructure and SEM EDS. The result of this test, the highest hardness lies in the bottom metal mold which has an average hardness of 259 BHN and the lowest toughness is located in the upper sand mold, which has an average hardness of 184 BHN. In the microstructure test, the results obtained were ferrite and pearlite phases, dominated by the pearlite phase and obtained smooth and elongated graphite. In the SEM test at 2000x magnification, it was seen that the density in the metal mold was smoother than in the sand mold.

Keywords: *cast iron, silicon, manganese, sand casting, microstructure*

1. PENDAHULUAN

Besi cor kelabu merupakan material yang banyak digunakan di pengecoran logam. Ini banyak digunakan di komponen penting dalam mesin, seperti blok mesin, kanvas rem kereta api, dan lain-lain. Besi cor kelabu banyak digunakan karena material ini mampu meredam getaran dan harganya relatif murah dibandingkan jenis besi cor lain, tahan aus atau gesekan, dan kuat.

Besi cor kelabu dapat ditingkatkan sifat sifat mekanisnya dengan penambahan paduan dan panas yang sesuai untuk mmendapatkan hasil komponen yang lebih baik.

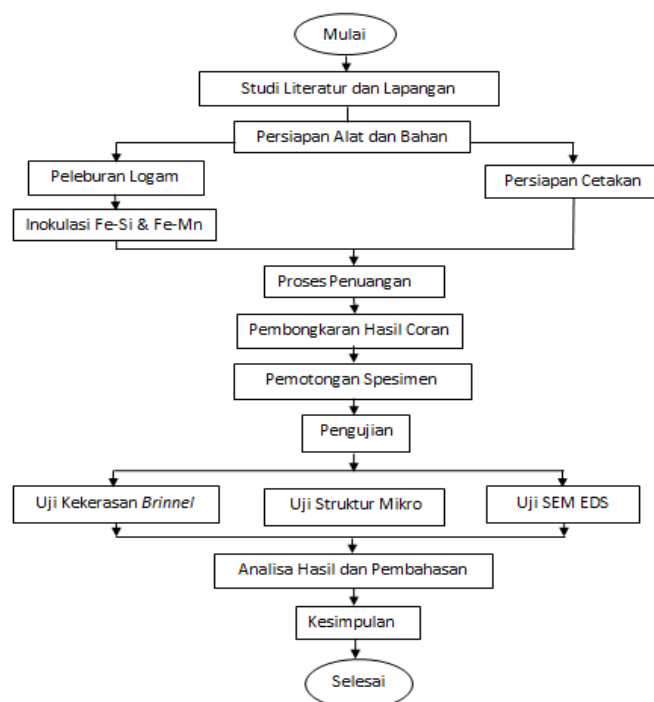
Penambahan bahan silicon (Si) pada besi cor kelabu menimbulkan terjadinya disperse grafit menjadi lebih kecil dan lebih merata serta menjadikan besi cor kelabu lebih keras. Serta penambahan bahan Mangan (Mn) pada besi cor kelabu memiliki kapasitas redaman yang tinggi.

Inokulasi merupakan bagian penting pada proses pembuatan besi cor berkualitas tinggi. Secara umum proses ini bertujuan untuk meningkatkan jumlah inti pembekuan sehingga dengan demikian akan meningkatkan pula jumlah grafit, khususnya besi cor kelabu dengan kekuatan tarik tinggi dan juga besi cor nodular.

Peleburan logam merupakan solusi yang kompleks untuk menghasilkan komponen yang berkualitas tingi dan untuk meminimalkan masalah yang mungkin terjadi karena adanya unsur yang tidak sesuai dari segi pandang industri bahan dapat dipadukan untuk mencapai sifat yang baik.

2. METODE

2.1 Diagram Alir Penelitian



2.2 Alat dan Bahan Penelitian

2.2.1 Alat Penelitian

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- | | |
|----------------------|-----------------------------|
| 1. Cetakan | 8. Kayu Penumbuk |
| 2. Tungku Pengecoran | 9. Cetakan Sprue |
| 3. Gerinda | 10. Ladel |
| 4. Amplas | 11. Alat Uji Kekerasan |
| 5. Autosol | 12. Alat Uji Struktur Mikro |
| 6. Cobek | 13. Alat Uji SEM-EDS |
| 7. Kowi | |

2.2.2 Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- | | |
|----------------------|-----------------|
| 1. Besi Cor Kelabu | 4. Mangan (Mn) |
| 2. Resin Coated Sand | 5. Silicon (Si) |
| 3. Serbuk Batu Kapur | 6. Pasir Cetak |

2.3 Rancangan Penelitian

Penelitian dilakukan dengan membuat spesimen dengan proses pengecoran, kemudian mengambil sebagian spesimen untuk diuji dan untuk pengambilan data. Sebelum pembuatan produk, terlebih dahulu dilakukan perancangan produk 2D dan 3D menggunakan aplikasi *Solidworks* dengan satuan millimeter (mm).

2.4 Proses Penelitian

2.4.1 Proses Pengecoran

1. Mempersiapkan Alat dan Bahan
2. Melakukan Peleburan Besi Cor Kelabu
3. Menghaluskan FeSi dan FeMn agar halus
4. Mempersiapkan Cetakan Logam dan Cetakan Pasir
5. Melakukan Inokulasi FeSi dan FeMn dengan Logam Cair pada Ladel
6. Menuangkan Logam Cair Pada Cetakan
7. Melakukan Pembongkaran Hasil Coran

2.4.2 Pengujian Kekerasan Brinnel

Langkah-langkah pengujian kekerasan brinnel sebagai berikut:

1. Benda uji di dibentuk sesuai ukuran holder holder alat uji.
2. Menghaluskan permukaan benda uji menggunakan amplas dengan kekasaran dari 100Cw, 400 Cw, 600 Cw, 800 Cw, 1000 Cw, dan 1200 Cw agar permukaan benda uji menjadi rata dan sejajar. Dalam proses ini tidak perlu menggunakan bantuan air agar benda uji tidak mengalami oksidasi.
3. Setelah proses pengamplasan selesai, benda uji dibersihkan dengan digosok memakai autosol hingga benar-benar bersih.
4. Menentukan beban penekanan (dalam penelitian ini pembebanannya 187kgf). Dalam pengujian ini menggunakan diameter indenter 2,5 mm
5. Melakukan penekanan indenter kepermukaan benda uji dengan memutar handle penekan selama 30 detik.
6. Periksa layar indicator untuk mengukur diameter bekas injakan indenter brinnel, indenter brinnel berbentuk bola baja sehingga bekas injakan berbentuk lingkaran.
7. Mengambil data ukuran dari kekerasan benda uji.

2.4.3 Pengujian Struktur Mikro

1. Benda uji digabung menggunakan resin sesuai ukuran holder alat uji.
2. Meratakan sisi specimen yang akan di uji menggunakan amplas nomor 100,400,600, dan 1000. Memberi sedikit autosol di sebuah kain dan gosok ke sisi specimen.
3. Mengetsa benda uji dengan larutan NaOH dan didiamkan selama 1 menit.
4. .Pasang benda uji di holder alat uji yang telah disiapkan.
5. Menentukan dua titik yang akan diamati stuktur mikronya.
6. Setelah sudah menemukan titiknya, melakukan pengamatan struktur mikro dua titik tersebut hingga pembesaran lensa 200x.
7. Mengambil data dari pengamatan tersebut.

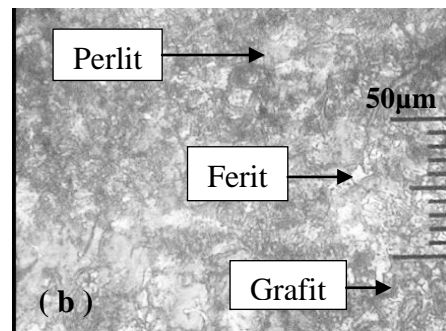
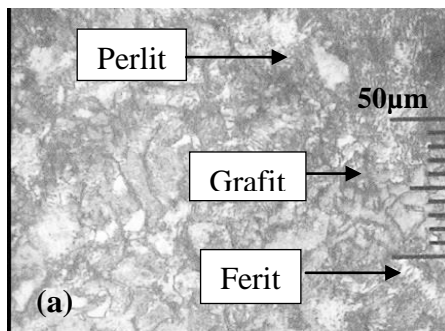
2.4.4 Pengujian SEM-EDS

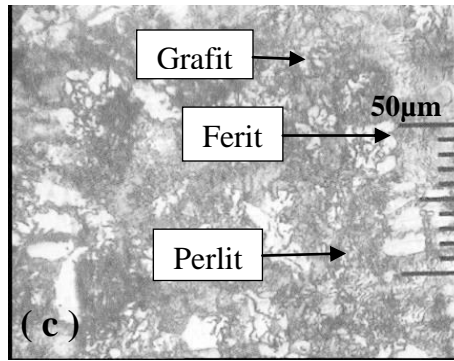
1. Mempersiapkan alat dan bahan.
2. Benda uji dipotong dengan ukuran 1x1x2 cm, sesuai dengan ukuran holder alat pengujian di ATMI Surakarta.
3. Meratakan permukaan spesimen dengan menggunakan gerinda.
4. Berikutnya dilakukan proses pengamplasan dengan kertas ampas nomer 100,400,600 dan 1000.
5. Kemudian diberi autosol dan digosok dengan menggunakan kain supaya mendapatkan hasil yang maksimal.
6. Menentukan 2 titik yang akan diamati unsur – unsurnya.
7. Melakukan pengamatan struktur mikro dengan menggunakan mikroskop optik dengan pembesaran lensa 2000x.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Pengujian Struktur Mikro

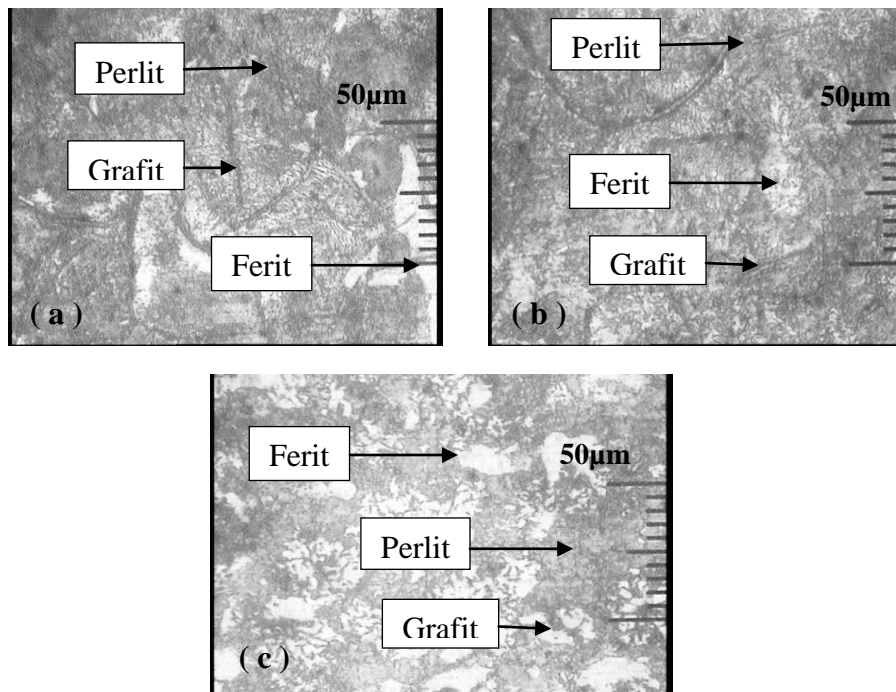
Pengujian struktur mikro bertujuan untuk mengamati bentuk, ukuran, dan penyebaran butiran pada specimen besi cor kelabu setelah proses peleburan besi cor kelabu dengan inokulasi Si 4% dan Mn 4% dengan cetakan logam, cetakan pasir, dan peralihan cetakan logam dan pasir. Foto struktur mikro dengan menggunakan pembesaran 200x. Berikut merupakan Foto Struktur Mikro Cetakan Logam :





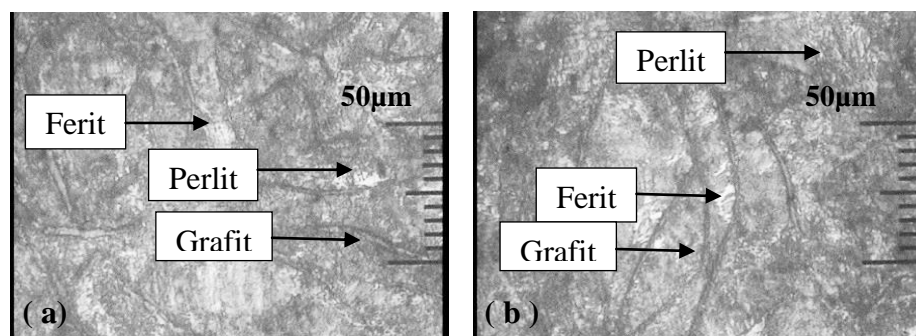
Gambar 1. Foto Struktur Mikro Cetakan Logam (a) Bagian Atas (b) Bagian Tengah (c) Bagian Bawah.

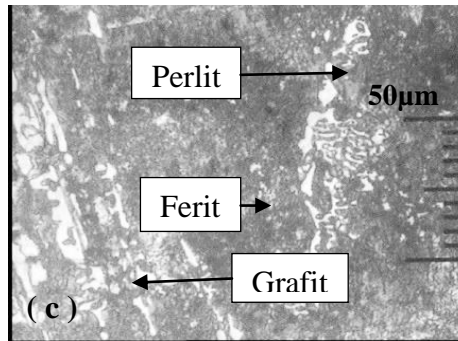
Foto stuktur Mikro Cetakan Peralihan :



Gambar 2. Foto Struktur Mikro Cetakan Peralihan (a) Bagian Atas (b) Bagian Tengah (c) Bagian Bawah.

Foto Struktur Mikro Cetakan Pasir :





Gambar 3. Foto Struktur Mikro Cetakan Pasir (a) Bagian Atas (b) Bagian Tengah (c) Bagian Bawah..

Hasil dari struktur mikro specimen besi cor kelabu cetakan logam bagian atas menunjukkan diperoleh hasil unsur perlit adalah unsur yang paling mendominasi, unsur perlit terbentuk karena adanya percampuran unsur ferit dan sementit pada temperature 723°C . Pada cetakan logam bagian atas grafit belum terbentuk sempurna sehingga kekerasannya lebih rendah. Pada pengujian struktur mikro specimen besi cor kelabu dengan cetakan logam bagian tengah menunjukkan unsur perlit masih mendominasi serta adanya ferit, dan mulai timbul grafit. Hasil uji struktur mikro specimen besi cor dengan cetakan logam bagian bawah menunjukkan unsur ferit mulai terlihat banyak dan mendominasi, serta banyaknya grafit yang mulai muncul, pada bagian bawah tingkat kekerasan besi cor lebih tinggi.

Hasil pengujian specimen besi cor kelabu pada peralihan cetakan bagian atas menunjukkan unsur ferit, perlit, dan grafit mulai Nampak dan di dominasi oleh perlit, dengan grafit ang terlihat jelas. Pada pengujian specimen pada cetakan peralihan bagian tengah menunjukkan perlit, dan perlit mengelompok dan grafit mulai terlihat memanjang. Pada hasil pengujian specimen pada cetakan peralihan bagian bawah menunjukkan perlit mulai memudar dan grafit terlihat jelas menjadi pembatas antara ferit, dan perlit.

Hasil pengujian specimen besi cor pada cetakan pasir bagian atas grafit terbentuk banyak dan memanjang, dan terdapat perlit dan ferit yang mulai muncul. Pada specimen besi cor cetakan pasir bagian tengah, grafit yang terbentuk semakin banyak dan lebih memanjang, perlit sangat mendominasi pada specimen ini dan mulai terbentuk ferit. Pada bagian

cetakan pasir bagian bawah ferit terbentuk cukup banyak, grafit mulai memudar pada bagian ini, dan perlit mulai menjadi lebih halus seperti butir-butir kecil.

3.2 Hasil Pengujian Kekerasan Brinell

Penelitian ini menggunakan metode pengujian kekerasan Brinell dengan diameter bola indentor 2,5 mm dengan pembebanan 187,5 kgf. Dilakukan pada material besi cor kelabu dengan paduan FeSi 4% dan FeMn 4%

Tabel 1. Hasil Uji Kekerasan *Brinell*

No	Spesimen	Uji 1	Uji 2	Uji 3	Kekerasan (BHN)			Kekerasan rata-rata (BHN)
		D1 (mm)	D2 (mm)	D3 (mm)	Uji 1	Uji 2	Uji 3	
1	F1_a	1,00	1,00	1,01	229	229	224	227
2	F1_t	0,98	0,97	0,99	239	244	234	239
3	F1_b	0,94	0,94	0,95	260	260	255	259
4	F2_a	1,08	1,10	1,11	195	187	184	189
5	F2_t	1,05	1,05	1,05	207	207	207	207
6	F2_b	0,99	0,98	1,00	234	239	229	234
7	F3_a	1,12	1,10	1,11	180	187	184	184
8	F3_t	1,09	1,08	1,08	191	195	195	193
9	F3_b	0,98	0,98	0,98	239	239	239	239

Keterangan

F: FeSi 4% + FeMn 4%

1: Cetakan logam

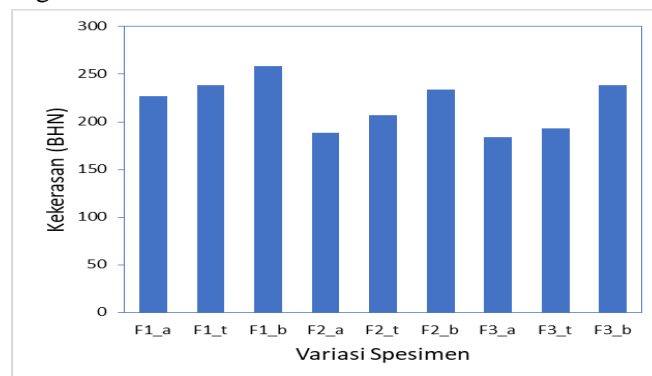
2: Cetakan peralihan antara logam dan pasir

3: Cetakan pasir

a: Bagian atas

t: Bagian tengah

b: Bagian bawah

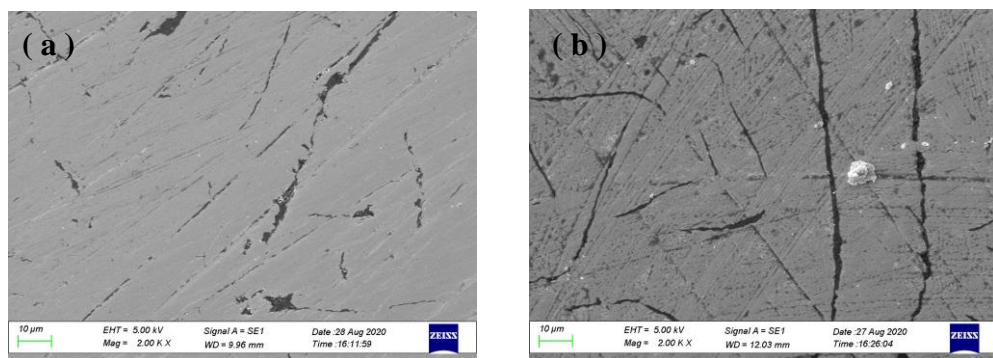


Gambar 4. Diagram Hasil Pengujian pengujian Brinell dengan paduan FeSi 4% + FeMn 4%

Besi cor kelabu dengan paduan unsur FeSi 4% dan FeMn 4% hasil pengujian grafik menunjukkan semakin bawah bagian specimen maka akan semakin tinggi tingkat kekerasan yang dihasilkan, hal ini disebabkan karena hasil pendinginan logam bagian cetakan bawah terjadi lebih cepat dibandingkan bagian tengah dan atas, baik cetakan logam, peralihan cetakan, dan cetakan pasir. Nilai rata-rata kekerasan pada besi cor kelabu FeSi 4% + FeMn 4% cetakan logam bagian atas 227 BHN, pada bagian tengah mengalami peningkatan menjadi 239 BHN, dan pada bagian bawah mengalami peningkatan tertinggi yaitu 259 BHN. Pada peralihan cetakan terjadi peningkatan kekerasan yaitu pada bagian atas 189 BHN, bagian tengah 207 BHN, dan pada bagian bawah 234 BHN. Pada cetakan pasir juga mengalami peningkatan pada cetakan bagian bawah yaitu pada bagoan atas 184 BHN, pada bagian tengah 193 BHN, dan peningkatan tertinggi bagian bawah menjadi 239 BHN.

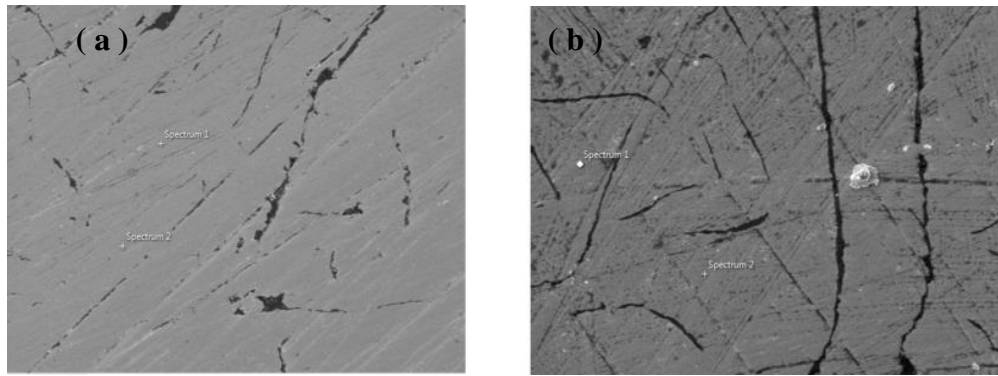
3.3 Hasil pengujian SEM-EDS

Pengujian SEM bertujuan untuk melihat topografi dari permukaan spesimen serta menggunakan SEM dan mengenali jenis atom di permukaannya dengan teknologi EDS. Pegamatan dilakukan pada besi cor dengan inokulasi Si 4% + Mn 4% dengan cetakan logam dan cetakan pasir.



Gambar 5. Foto SEM Pembesaran 2000x (a) Cetakan logam (b) Cetakan Pasir

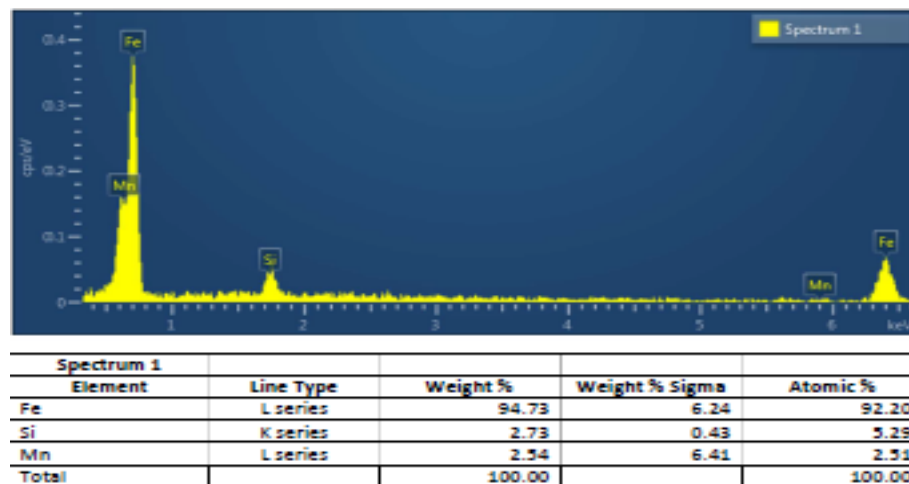
Titik Pengujian EDS :



Gamabr 6. Titik Pengujian EDS (a) Cetakan logam (b) Cetakan Pasir



Gambar 7. Grafik dan Hasil Pengujian EDS Cetakan Logam



Gambar 8. Grafik dan Hasil Pengujian EDS Cetakan pasir.

Dari hasil pengamatan SEM besi cor kelabu dengan inokulasi FeSi 4% + FeMn 4% dapat dikehauti bahwa kerapatan besi cor dengan cetakan

logam lebih rapat dibandingkan dengan menggunakan cetakan pasir, hal ini terjadi karena cetakan logam lebih minim udara yang masuk ke dalam cetaknya.

Dari hasil EDS dapat dihasilkan data-data perbandingan antara besi cor dengan cetakan logam dan cetakan pasir, yaitu pada cetakan logam diperoleh berat Si 3.13 Mn 2.72 dan Fe 94.15, dan pada cetakan pasir diperoleh hasil Si 2.73, Mn 2.54, dan Fe 94,73. Dari hasil diatas tidak terlalu jauh perbandinganya hal ini dikarenakan kedua benda uji menggunakan bahan dasar yang sama yaitu besi cor kelabu dengan campuran yang sama yaitu paduan unsur Silicon 4% dan Mangan 4% dan dilakukan dalam proses pengecoran yang bersamaan juga.

4. PENUTUP

4.1 Kesimpulan

1. Pada pengujian kekerasan Brinell dapat disimpulkan jika nilai kekerasan pada cetakan logam lebih tinggi dari pada nilai kekerasan cetakan pasir dan peralihan cetakan, hal ini terlihat pada hasil uji kekerasan dimana nilai kekerasan tertinggi adalah spesimen dengan cetakan logam bagian bawah yaitu sebesar 259 BHN dan nilai kekerasan terendah adalah cetakan pasir bagian atas dengan nilai kekerasan 184 BHN.
2. Pada hasil pengujian struktur mikro dapat dilihat bahwa fasa yang terjadi adalah perlit, ferit, dan grafit, dimana pada cetakan bagian atas grafit tebal dan panjang, cetakan bagian tengah grafit menipis dan pendek, dan pada cetakan bagian bawah grafit terlihat tipis, pipih, dan merata, baik pada cetakan logam, pasir, atau peralihan.
3. Pada pengujian SEM EDS dari kedua spesimen menunjukan pada grafik unsur FeSi dan FeMn yang sangat tipis, hal ini dikarenakan presentase penambahanya sangat sedikit sehingga sulit dideteksi alat uji. Dari komposisi unsurnya diperoleh hasil berat Si 3.13 Mn 2.72 dan Fe 94.15, dan pada cetakan pasir diperoleh hasil Si 2.73, Mn 2.54, dan Fe 94,73. Dari hasil diatas tidak terlalu jauh perbandinganya hal ini dikarenakan tumpang tindih antar unsur karena terlihat pada cetakan pasir Mn tertutup

oleh Fe, hal ini dikarenakan pada proses pencampuran dan peleburan logam kurang steril.

DAFTAR PUSTAKA

- Agunsoye, J. O., Ochulor, E. F., Talabi, S. I., & Olatunji, S. (2012). Effect of manganese additions and wear parameter on the tribological behaviour of NFGrey (8) cast iron. *Tribology in Industry*, 34(4), 239–246.
- Allafi, J dan Ahmadi, B. 2011. Influence of Mold Preheating and Silicon Content on Microstructure and Casting Properties of Ductile Iron in Permanent Mold. *Journal of Iron and Steel Research international*. 18(3), 34-35
- Avner, S. H. (1974). *Introduction To Physical Metallurgy Second Edition*. <http://www.vitamenggcollege.com/uploads/images/MMS.pdf>
- Daryanto, T., & Hidayat, M. (2020). *Perbaikan Teknik Relining Tanur Induksi Untuk Mencegah Terbentuknya Rongga Lining dan Penghematan Biaya Proses Peleburan*. 1(2), 72–81
- Fraś, E., & Górny, M. (2012). Inoculation Effects of Cast Iron. *Archives of Foundry Engineering*, 12(4), 39–46. <https://doi.org/10.2478/v10266-012-0104-z>
- Groover, Mikell P., 2010, Fundamentals of modern manufacturing: Materials, Processes and systems, 4th ed.
- Gundlach, R., Meyer, M., & Winardi, L. (2015). Influence of Mn and S on the properties of cast iron Part III - Testing and analysis. *International Journal of Metalcasting*, 9(2), 69–82. <https://doi.org/10.1007/BF03355617>
- Herman Pollack, by W. (1995). *Materials Science And Metallurgy*. In *Amazon.com: Materials Science and Metallurgy*. <http://www.sciepub.com/journal/msme>.
- Nugroho, P. J., Teknik, J., Fakultas, M., & Surakarta, U. M. (2015). *Naskah publikasi tugas akhir pengaruh waktu kecepatan pendinginan pada besi cor inokulasi*
- Setyana, L. D. (2015). Jurnal Material Teknologi Proses. *Studi Ukuran Grafit Besi Cor Kelabu Terhadap Laju Keausan Pada Produk Blok Rem Metalik Kereta Api*, 1(1), 17–21.

- Singhal, P., & Saxena, K. K. (2019). Effect of silicon addition on microstructure and mechanical properties of grey cast Iron: An overview. *Materials Today: Proceedings*, 26(xxxx), 1393–1401.
<https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.02.281>
- Srivastava, R., Singh, B., & Saxena, K. K. (2019). Influence of S and Mn on mechanical properties and microstructure of grey cast iron: An overview. *Materials Today: Proceedings*, 26(xxxx), 2770–2775.
<https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.02.577>
- Suhadi, A., & Seodihono. (2014). *Teknologi Inokulasi Besi Cor Kelabu Fc-250 Untuk Mencegah Pengerasan Pada Dove Tale Inoculation Technology of Gray CastIron Fc-250 To Prevent Solidification on Done Tale Ragum*. 16(2), 40–48.
- Suprihanto, A., Satrijo, D., & Suratman, R. (2007). *PENGARUH PENAMBAHAN UNSUR Cr DAN Cu TERHADAP KEKUATAN TARIK BESI COR KELABU FC20 I* (Vol. 9).
- Widodo R <https://hapli.wordpress.com/foundry/inokulasi-padabesi-cor/>